

**METHOD FOR CONTROLLING MOLECULAR WEIGHT OF POLYHYDROXYALKANOATE IN WHICH UNITS CONTAINING PHENYL, THIENYL OR CYCLOHEXYL STRUCTURE-HAVING RESIDUES IN SIDE CHAINS ARE CONTAINED, AND POLYHYDROXYALKANOATE**

**Publication number:** JP2003319792

**Publication date:** 2003-11-11

**Inventor:** YANO TETSUYA; KENMOKU TAKASHI; HONMA TSUTOMU; SUGAWA ETSUKO; FUKUI SHIGE; IMAMURA TAKESHI

**Applicant:** CANON KK

**Classification:**

**- international:** C08G63/06; C08G63/688; C12P7/62; C12P11/00; C12P17/00; C12R1/38; C12R1/40; C08G63/00; C12P7/62; C12P11/00; C12P17/00; (IPC1-7): C12P7/62; C08G63/06; C12P11/00; C12P17/00; C12P7/62; C12R1/38; C12P11/00; C12R1/38; C12P17/00; C12R1/40

**- European:** C08G63/06; C08G63/688B; C12P7/62A

**Application number:** JP20030036819 20030214

**Priority number(s):** JP20030036819 20030214; JP20020054907 20020228

**Also published as:**



EP1340776 (A1)

US6649380 (B1)

US2003208028 (A1)

CN1285640C (C)

**Report a data error here**

Abstract of **JP2003319792**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for controlling the molecular weight of a polyhydroxyalkanoate in which units containing phenyl, thienyl or cyclohexyl structure-having residues in side chains are contained, and to provide the polyhydroxyalkanoate having a controlled molecular weight.

**SOLUTION:** This method for controlling the molecular weight of the polyhydroxyalkanoate is characterized by having a process for culturing a microorganism having an ability for producing the polyhydroxyalkanoate from at least one of an [omega]-substituted alkanolic acid (3) having at least one of phenyl structure and thienyl structure and an [omega]-cyclohexylalkanoic acid (4) having a cyclohexyl structure in a culture medium containing at least one of the compound (3) and the compound (4) and a hydroxyl group-having compound.

**COPYRIGHT:** (C)2004,JPO

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-319792

(P2003-319792A)

(43) 公開日 平成15年11月11日 (2003. 11. 11)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup>          | 識別記号 | F I           | データベース* (参考) |
|------------------------------------|------|---------------|--------------|
| C 1 2 P 7/62                       |      | C 1 2 P 7/62  | 4 B 0 6 4    |
| C 0 8 G 63/06                      |      | C 0 8 G 63/06 | 4 J 0 2 9    |
| C 1 2 P 11/00                      |      | C 1 2 P 11/00 |              |
| 17/00                              |      | 17/00         |              |
| // (C 1 2 P 7/62                   |      | C 1 2 R 1:38  |              |
| 審査請求 有 請求項の数12 O L (全 25 頁) 最終頁に続く |      |               |              |

|              |                           |          |  |
|--------------|---------------------------|----------|--|
| (21) 出願番号    | 特願2003-36819(P2003-36819) | (71) 出願人 | 000001007<br>キヤノン株式会社<br>東京都大田区下丸子3丁目30番2号 |
| (22) 出願日     | 平成15年2月14日 (2003. 2. 14)  | (72) 発明者 | 矢野 哲哉<br>東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ<br>ノン株式会社内   |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2002-54907(P2002-54907) | (72) 発明者 | 見目 敬<br>東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ<br>ノン株式会社内    |
| (32) 優先日     | 平成14年2月28日 (2002. 2. 28)  | (74) 代理人 | 100123788<br>弁理士 宮崎 昭夫 (外3名)               |
| (33) 優先権主張国  | 日本 (J P)                  |          |  |
|              |                           | 最終頁に続く   |  |

(54) 【発明の名称】 側鎖にフェニル構造、チエニル構造、シクロヘキシル構造を有する残基を含むユニットを分子中に含むポリヒドロキシアルカノエートの分子量制御方法、およびポリヒドロキシアルカノエート

(57) 【要約】

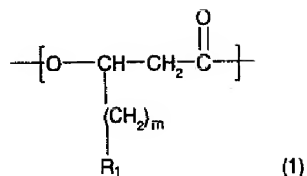
【課題】 側鎖にフェニル構造、チオフェン構造、シクロヘキシル構造を有する残基を含むユニットを分子中に含むポリヒドロキシアルカノエートの分子量制御方法ならびに分子量が制御されたポリヒドロキシアルカノエートを提供することにある。

【解決手段】 フェニル構造、チエニル構造の少なくとも1種を有するω-置換アルカン酸(3)、あるいは、シクロヘキシル構造を有するω-シクロヘキシルアルカン酸(4)、の少なくとも1種類の化合物と、水酸基を有する化合物と、を含む培地で、前記(3)あるいは前記(4)の少なくとも1種類の化合物からポリヒドロキシアルカノエートを生産する能力を有する微生物を培養する工程を有することを特徴とするポリヒドロキシアルカノエートの分子量制御方法。

【特許請求の範囲】

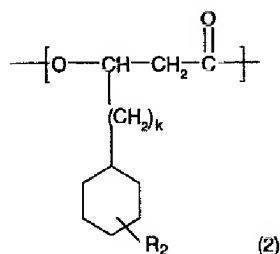
【請求項1】 下記式(1)：

【化1】



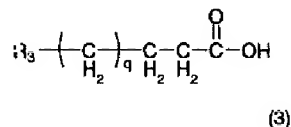
(mは1～8の整数を表し、R<sub>1</sub>はフェニル構造、チエンル構造の少なくとも1種を有する残基を示す。但し、複数のユニットが存在する場合、少なくとも2個のユニット間でm及びR<sub>1</sub>の少なくとも一方が異なるものであってもよい。)で示される3-ヒドロキシ-ω-置換アルカン酸ユニット、あるいは、式(2)：

【化2】



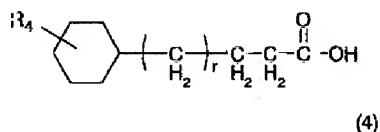
(kは0～8の整数を表し、R<sub>2</sub>はシクロヘキシル基への置換基を示し、R<sub>2</sub>はH原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、ハロゲン原子、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、CF<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>基から選択された少なくとも一種である。但し、複数のユニットが存在する場合、少なくとも2個のユニット間でk及びR<sub>2</sub>の少なくとも一方が異なるものであってもよい。)で示される3-ヒドロキシ-ω-シクロヘキシルアルカン酸ユニット、の少なくとも1種類のユニットを分子中に含むポリヒドロキシアルカノエートの分子量制御方法において、式(3)：

【化3】



(qは1～8の整数を表し、R<sub>3</sub>はフェニル構造、チエンル構造の少なくとも1種を有する残基を示す。)で示されるω-置換アルカン酸、あるいは、式(4)：

【化4】

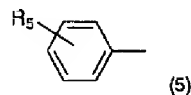


(rは0～8の整数を表し、R<sub>4</sub>はシクロヘキシル基へ

の置換基を示し、R<sub>4</sub>はH原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、ハロゲン原子、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、CF<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>基から選択された少なくとも一種である。)で示されるω-シクロヘキシルアルカン酸、の少なくとも1種類の化合物と、水酸基を有する化合物と、を含む培地で、前記式(3)あるいは前記式(4)で示される少なくとも1種類の化合物からポリヒドロキシアルカノエートを生産する能力を有する微生物を培養する工程を有することを特徴とするポリヒドロキシアルカノエートの分子量制御方法。

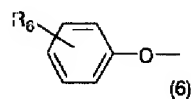
【請求項2】 前記R<sub>1</sub>およびR<sub>2</sub>が、式(5)：

【化5】



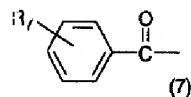
(式中、R<sub>5</sub>は芳香環への置換基を示し、R<sub>5</sub>はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、CH=CH<sub>2</sub>基、COOR<sub>51</sub>(R<sub>51</sub>はH原子、Na原子、K原子のいずれかを表し、R<sub>1</sub>の場合のみ選択される。)、CF<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェニル基群；式(6)：

【化6】



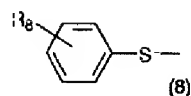
(式中、R<sub>6</sub>は芳香環への置換基を示し、R<sub>6</sub>はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、SCH<sub>3</sub>基、CF<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェノキシ基群；式(7)：

【化7】



(式中、R<sub>7</sub>は芳香環への置換基を示し、R<sub>7</sub>はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、CF<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換ベンゾイル基群；式(8)：

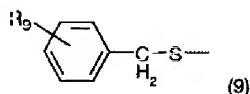
【化8】



(式中、R<sub>8</sub>は芳香環への置換基を示し、R<sub>8</sub>はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、COOR<sub>81</sub>(R<sub>81</sub>は

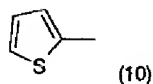
H原子、Na原子、K原子、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基のいずれかを表す。)、SO<sub>2</sub>R<sub>92</sub> (R<sub>92</sub>はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、OCH<sub>3</sub>基、OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>のいずれかを表す。)、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-CH基、(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>-C基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェニルスルファニル基群; 式(9):

【化9】



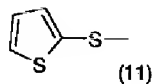
(式中、R<sub>9</sub>は芳香環への置換基を示し、R<sub>9</sub>はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、COOR<sub>91</sub> (R<sub>91</sub>はH原子、Na原子、K原子、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基のいずれかを表す)、SO<sub>2</sub>R<sub>92</sub> (R<sub>92</sub>はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、OCH<sub>3</sub>基、OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>のいずれかを表す)、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-CH基、(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>-C基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換(フェニルメチル)スルファニル基群; 式(10):

【化10】



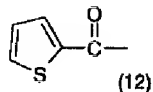
で示される2-チエニル基; 式(11):

【化11】



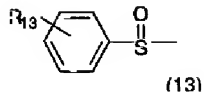
で示される2-チエニルスルファニル基; 式(12):

【化12】



で示される2-チエニルカルボニル基; 式(13):

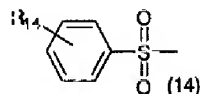
【化13】



(式中、R<sub>13</sub>は芳香環への置換基を示し、R<sub>13</sub>はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、COOR<sub>131</sub> (R<sub>131</sub>はH原子、Na原子、K原子、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基のいずれかを表す)、SO<sub>2</sub>R<sub>132</sub> (R<sub>132</sub>はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、OCH<sub>3</sub>基、OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>のいずれかを表す)、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-CH基、(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>-C基から選択された少なくとも一種である。)で示されるR<sub>1</sub>の場合のみ選択される

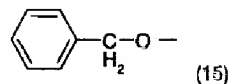
無置換または置換フェニルスルフィニル基群; 式(14):

【化14】



(式中、R<sub>14</sub>は芳香環への置換基を示し、R<sub>14</sub>はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、COOR<sub>141</sub> (R<sub>141</sub>はH原子、Na原子、K原子、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基のいずれかを表す)、SO<sub>2</sub>R<sub>142</sub> (R<sub>142</sub>はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、OCH<sub>3</sub>基、OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>のいずれかを表す)、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-CH基、(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>-C基から選択された少なくとも一種である。)で示されるR<sub>1</sub>の場合のみ選択される無置換または置換フェニルスルホニル基群; 及び、式(15):

【化15】



で示される(フェニルメチル)オキシ基; から選択された残基である請求項1に記載の分子量制御方法。

【請求項3】 前記水酸基を有する化合物が、アルコール類、ジオール類、トリオール類、アルキレングリコール類、ポリエチレングリコール類、ポリエチレンオキサイド類、アルキレングリコールモノエステル類、ポリエチレングリコールモノエステル類及びポリエチレンオキサイドモノエステル類化合物から選ばれる少なくとも1種類である請求項1または2に記載の分子量制御方法。

【請求項4】 前記アルコール類、ジオール類及びトリオール類化合物が、炭素数3から14の直鎖状及び分岐状のアルコール類、ジオール類及びトリオール類である請求項3に記載の分子量制御方法。

【請求項5】 前記アルキレングリコール類及びアルキレングリコールモノエステル類化合物の炭素鎖が、炭素数2から10の直鎖状及び分岐状構造を有している請求項3に記載の分子量制御方法。

【請求項6】 前記ポリエチレングリコール類、ポリエチレンオキサイド類、ポリエチレングリコールモノエステル類、ポリエチレンオキサイドモノエステル類化合物の数平均分子量が、100から20000の範囲である請求項3に記載の分子量制御方法。

【請求項7】 前記水酸基を有する化合物の濃度が、微生物培養の際の培地に対して0.01%から10% (質量/容量)である請求項1から6のいずれかに記載の分子量制御方法。

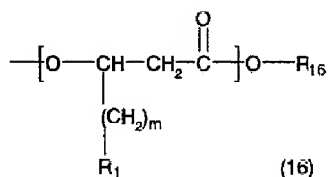
【請求項8】 前記水酸基を有する化合物の濃度が、微生物培養の際の培地に対して0.02%から5% (質量/容量)である請求項7に記載の分子量制御方法。

【請求項9】 前記微生物が、シュードモナス (*Pseudomonas*) 属に属する微生物である請求項1から8のいずれかに記載の分子量制御方法。

【請求項10】 前記微生物が、シュードモナス チコリアイ YN2株 (*Pseudomonas cichorii* YN2; FERM BP-7375)、シュードモナス チコリアイ H45株 (*Pseudomonas cichorii* H45; FERM BP-7374)、シュードモナス ジェッセニイ P161株 (*Pseudomonas jessenii* P161; FERM BP-7376) 及びシュードモナス プチダ P91株 (*Pseudomonas putida* P91; FERM BP-7373) の1つ以上の株である請求項9に記載の分子量制御方法。

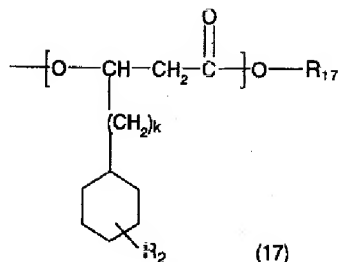
【請求項11】 下記式(16):

【化16】



( $m$ は1~8の整数を表し、 $\text{R}_1$ はフェニル構造、チエンル構造の少なくとも1種を有する残基を示す。但し、複数のユニットが存在する場合、少なくとも2個のユニット間で $m$ 及び $\text{R}_1$ の少なくとも一方が異なるものであってもよい。 $\text{R}_{16}$ はアルコール類、ジオール類、トリオール類、アルキレングリコール類、ポリエチレングリコール類、ポリエチレンオキサイド類、アルキレングリコールモノエステル類、ポリエチレングリコールモノエステル類、ポリエチレンオキサイドモノエステル類化合物から選ばれる少なくとも1種類に由来する基である。)で示される3-ヒドロキシ- $\omega$ -置換アルカン酸ユニット、あるいは、式(17):

【化17】

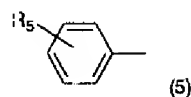


( $k$ は0~8の整数を表し、 $\text{R}_2$ はシクロヘキシル基への置換基を示し、 $\text{R}_2$ はH原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、ハロゲン原子、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $\text{CF}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{F}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{F}_7$ 基から選択された少なくとも一種である。但し、複数のユニットが存在する場合、少なくとも2個のユニット間で $k$ 及び $\text{R}_2$ の少なくとも一方が異なるものであってもよい。 $\text{R}_{17}$ はアルコール類、ジオール類、トリオール類、アルキレングリコール類、ポリエチレングリコール類、ポリエチレンオキサイド類、アルキレングリコールモノエステル類、ポリエチレングリコールモノエステル類、ポリエチレンオキサイドモノエステル類化合物から選ばれる少なくとも1種類に由来する基である。)で示される3-ヒドロキシ- $\omega$ -置換アルカン酸ユニット、あるいは、式(17):

るものであってもよい。 $\text{R}_{17}$ はアルコール類、ジオール類、トリオール類、アルキレングリコール類、ポリエチレングリコール類、ポリエチレンオキサイド類、アルキレングリコールモノエステル類、ポリエチレングリコールモノエステル類、ポリエチレンオキサイドモノエステル類化合物から選ばれる少なくとも1種類に由来する基である。)で示される3-ヒドロキシ- $\omega$ -シクロヘキシルアルカン酸ユニット、の少なくとも1種類のユニットを分子中に含むポリヒドロキシアルカノエート。

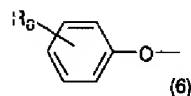
【請求項12】 前記 $\text{R}_1$ が、式(5):

【化18】



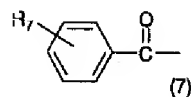
(式中、 $\text{R}_5$ は芳香環への置換基を示し、 $\text{R}_5$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $\text{CH}=\text{CH}_2$ 基、 $\text{COOR}_{51}$  ( $\text{R}_{51}$ はH原子、Na原子、K原子のいずれかを表す。)、 $\text{CF}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{F}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{F}_7$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェニル基群; 式(6):

【化19】



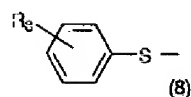
(式中、 $\text{R}_6$ は芳香環への置換基を示し、 $\text{R}_6$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $\text{SCH}_3$ 基、 $\text{CF}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{F}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{F}_7$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェノキシ基群; 式(7):

【化20】



(式中、 $\text{R}_7$ は芳香環への置換基を示し、 $\text{R}_7$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $\text{CF}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{F}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{F}_7$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換ベンゾイル基群; 式(8):

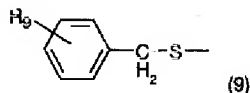
【化21】



(式中、 $\text{R}_8$ は芳香環への置換基を示し、 $\text{R}_8$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{COOR}_{81}$  ( $\text{R}_{81}$ はH原子、Na原子、K原子、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基のい

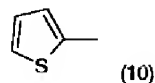
れかを表す。)、 $\text{SO}_2\text{R}_{92}$  ( $\text{R}_{92}$ はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、 $\text{OCH}_3$ 基、 $\text{OC}_2\text{H}_5$ のいずれかを表す。)、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $(\text{CH}_3)_2\text{-CH}$ 基、 $(\text{CH}_3)_3\text{-C}$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェニルスルファニル基群;式(9):

【化22】



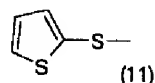
(式中、 $\text{R}_9$ は芳香環への置換基を示し、 $\text{R}_9$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{COOR}_{91}$  ( $\text{R}_{91}$ はH原子、Na原子、K原子、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基のいずれかを表す)、 $\text{SO}_2\text{R}_{92}$  ( $\text{R}_{92}$ はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、 $\text{OCH}_3$ 基、 $\text{OC}_2\text{H}_5$ のいずれかを表す)、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $(\text{CH}_3)_2\text{-CH}$ 基、 $(\text{CH}_3)_3\text{-C}$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換(フェニルメチル)スルファニル基群;式(10):

【化23】



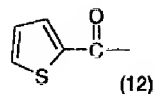
で示される2-チエニル基;式(11):

【化24】



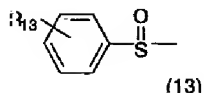
で示される2-チエニルスルファニル基;式(12):

【化25】



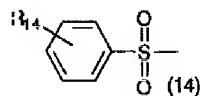
で示される2-チエニルカルボニル基;式(13):

【化26】



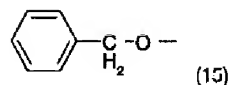
(式中、 $\text{R}_{13}$ は芳香環への置換基を示し、 $\text{R}_{13}$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{COOR}_{131}$  ( $\text{R}_{131}$ はH原子、Na原子、K原子、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基のいずれかを表す)、 $\text{SO}_2\text{R}_{132}$  ( $\text{R}_{132}$ はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、 $\text{OCH}_3$ 基、 $\text{OC}_2\text{H}_5$ のいずれかを表す)、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $(\text{CH}_3)_2\text{-CH}$ 基、 $(\text{CH}_3)_3\text{-C}$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェニルスルフィニル基群;式(14):

【化27】



(式中、 $\text{R}_{14}$ は芳香環への置換基を示し、 $\text{R}_{14}$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{COOR}_{141}$  ( $\text{R}_{141}$ はH原子、Na原子、K原子、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基のいずれかを表す)、 $\text{SO}_2\text{R}_{142}$  ( $\text{R}_{142}$ はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、 $\text{OCH}_3$ 基、 $\text{OC}_2\text{H}_5$ のいずれかを表す)、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $(\text{CH}_3)_2\text{-CH}$ 基、 $(\text{CH}_3)_3\text{-C}$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェニルスルホニル基群;及び、式(15):

【化28】



で示される(フェニルメチル)オキシ基;から選択された残基である請求項1に記載のポリヒドロキシアルカノエート。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はポリエステル的一种であるポリヒドロキシアルカノエート(PHA)の分子量制御方法に関する。更に詳しくは、当該PHAを生産し体内に蓄積する微生物を用いた当該PHAの分子量制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】これまで、多くの微生物がポリ-3-ヒドロキシ酪酸(PHB)あるいはその他のPHAを生産し、菌体内に蓄積することが報告されてきた(「生分解性プラスチックハンドブック」、生分解性プラスチック研究会編、(株)エヌ・ティー・エス、P178-197(1995))(非特許文献1)。これらのポリマーは従来のプラスチックと同様に、溶融加工等により各種製品の生産に利用することができる。さらに、生分解性であるがゆえに、自然界で微生物により完全分解されるという利点を有しており、従来の多くの合成高分子化合物のように自然環境に残留して汚染を引き起こすことがない。また、生体適合性にも優れており、医療用軟質部材等としての応用も期待されている。

【0003】このような微生物産生PHAは、その生産に用いる微生物の種類や培地組成、培養条件等により、様々な組成や構造のものとなり得ることが知られており、これまで主に、PHAの物性の改良という観点から、このような組成や構造の制御に関する研究がなされてきた。

【0004】微生物産生PHAはその生合成機構から大きく2種類に分類することができる。一方は、ポリヒドロキシ酪酸(PHB)、ポリヒドロキシ草酸(PH

V)、或いはこれらの共重合体に代表される短鎖長PHA (short-chain-length PHA; 以降scl-PHAと記す)であり、他方は炭素鎖長が6から14程度までの中鎖長3-ヒドロキシアルカン酸をユニットとする中鎖長PHA (medium-chain-length PHA; 以降mcl-PHAと記す)である。

【0005】前者、即ちscl-PHAは、グルコースやグルコン酸といった糖類や、乳酸、ピルビン酸、リンゴ酸といった有機酸類が生体内で代謝された産物であるアセチルCoAを出発物質とし、酵素的に二量体化、還元作用を受けてポリマー化される。

【0006】後者、即ちmcl-PHAは、アルカン酸を出発物質とし、脂肪酸分解系である $\beta$ 酸化経路により酵素的にCoA付加、脱水素化、水付加反応を経てポリマー化される。

【0007】この様に両者は全く異なる生合成経路を経て合成され、実際生体内の酵素群も異なっていることが詳細な研究により明らかとなっている。

【0008】また、後者、即ちmcl-PHAを生産する微生物のうち、ある種の微生物は様々な官能基、残基を含むPHAを生産することが知られている。

【0009】その中でも、近年ユニット中に芳香環を有するPHAの研究が盛んになされている。例えば、Macromol. Chem., 191, 1957-1965 (1990) (非特許文献2)及びMacromolecules, 24, 5256-5260 (1991) (非特許文献3)には、5-フェニル吉草酸を基質として、シュードモナス オレオボランス (*Pseudomonas oleovorans*) が3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸をユニットとして含むPHAを生産することが報告されている。また、Macromolecules, 29, 1762-1766 (1996) (非特許文献4)には、5-(4'-トリル)吉草酸を基質として、シュードモナス オレオボランス (*Pseudomonas oleovorans*) が3-ヒドロキシ-5-(4'-トリル)吉草酸をユニットとして含むPHAを生産することが報告されている。

【0010】更に、Macromolecules, 32, 2889-2895 (1999) (非特許文献5)には、5-(2', 4'-ジニトロフェニル)吉草酸を基質として、シュードモナス オレオボランス (*Pseudomonas oleovorans*) が3-ヒドロキシ-5-(2', 4'-ジニトロフェニル)吉草酸及び3-ヒドロキシ-5-(4'-ニトロフェニル)吉草酸をユニットとして含むPHAを生産することが報告されている。また、Macromol. Chem. Phys., 195, 1665-1672 (1994) (非特許文献6)には、11-フェノキシウンデカン酸を基質として、シュードモナス オレオボランス (*Pseu-*

*domonas oleovorans*) が3-ヒドロキシ-5-フェノキシ吉草酸と3-ヒドロキシ-9-フェノキシノナン酸のPHAコポリマーを生産することが報告されている。

【0011】一方、特許第2989175号明細書(特許文献1)には、3-ヒドロキシ-5-(モノフルオロフェノキシ)ペンタノエート(3H5(MFP)P)ユニットあるいは3-ヒドロキシ-5-(ジフルオロフェノキシ)ペンタノエート(3H5(DFP)P)ユニットからなるホモポリマー、少なくとも3H5(MFP)Pユニットあるいは3H5(DFP)Pユニットを含有するコポリマー;これらのポリマーを合成するシュードモナス・ブチダ;シュードモナス属を用いた前記のポリマーの製造法に関する発明が開示されており、その効果として、置換基をもつ長鎖脂肪酸を資化して、側鎖末端が1から2個のフッ素原子が置換したフェノキシ基をもつポリマーを合成することができ、融点が高く良い加工性を保持しながら、立体的規則性、撓水性を与えることができるとしている。

【0012】この様なフッ素基置換体以外に、シアノ基やニトロ基の置換体の研究もなされている。例えば、Can. J. Microbiol., 41, 32-43 (1995) (非特許文献7)及びPolymer International, 39, 205-213 (1996) (非特許文献8)には、シュードモナス オレオボランス (*Pseudomonas oleovorans*) ATCC29347株及びシュードモナス ブチダ (*Pseudomonas putida*) KT2442株を用いて、オクタン酸とp-シアノフェノキシヘキサン酸或いはp-ニトロフェノキシヘキサン酸を基質として、3-ヒドロキシ-p-シアノフェノキシヘキサン酸或いは3-ヒドロキシ-p-ニトロフェノキシヘキサン酸をモノマーユニットとして含むPHAの生産が報告されている。

【0013】また、新たなカテゴリーとしては、Macromolecules, 32, 8315-8318 (1999) (非特許文献9)及びPolymer Preprints, Japan, 49(5), 1034 (2000) (非特許文献10)には、シュードモナス ブチダ (*Pseudomonas putida*) 27N01株が11-チオフェノキシ吉草酸を基質とし、3-ヒドロキシ-5-チオフェノキシ吉草酸及び3-ヒドロキシ-7-チオフェノキシヘプタン酸のPHAコポリマーを生産することが報告されている。

【0014】この様なPHAの実用に際し、その応用範囲を広げる意味からその分子量の制御が試みられている。

【0015】米国特許6,156,852号(特許文献2)には、*Ralstonia eutropha*, *Ralstonia latus*及び*Comamonas*

testosteroniを生産菌株として用い、PHBを生合成する際の培養培地中にエチレングリコール、ネオペンチルグリコール、プロピレングリコール、ブタンジオールやヘキサジオール、オクタンジオールといったジオール類、ブタントリオール、ポリプロピレングリコール、グリセロール、ハイドロキノン、ベンゼンジメタノール、ペンタエリスリトール及びその誘導体、ソルビトールやマンニトールといった糖アルコール類を加えることによって数平均分子量を低下せしめることが可能であることが開示されている。これらの内容は、化学論文としてBiotechnology and Bioengineering, 62, 106-113 (1999) (非特許文献11), 及びInternational Journal of Biological Macromolecules, 25, 43-53 (1999) (非特許文献12) に詳細に報告されている。

【0016】

【特許文献1】特許第2989175号明細書

【特許文献2】米国特許6, 156, 852

【特許文献3】特開2001-288256号公報

【0017】

【非特許文献1】「生分解性プラスチックハンドブック」, 生分解性プラスチック研究会編, (株)エヌ・ティ・エス, P178-197 (1995)

【非特許文献2】Makromol. Chem., 191, 1957-1965 (1990)

【非特許文献3】Macromolecules, 24, 5256-5260 (1991)

【非特許文献4】Macromolecules, 29, 1762-1766 (1996)

【非特許文献5】Macromolecules, 32, 2889-2895 (1999)

【非特許文献6】Macromol. Chem. Phys., 195, 1665-1672 (1994)

【非特許文献7】Can. J. Microbiol., 41, 32-43 (1995)

【非特許文献8】Polymer International, 39, 205-213 (1996)

【非特許文献9】Macromolecules, 32, 8315-8318 (1999)

【非特許文献10】Polymer Preprints, Japan, 49(5), 1034 (2000)

【非特許文献11】Biotechnology and Bioengineering, 62, 106-113 (1999)

【非特許文献12】International Journal of Biological Macromolecules, 25, 43-53 (1999)

【非特許文献13】FEMS Microbiolog

y Reviews, 103, 217-230 (1992)

【非特許文献14】Journal of Biotechnology, 65, 127-161 (1998)

【0018】

【発明が解決しようとする課題】この様な分子量制御技術は、酸やアルカリといった化学物質を用いることなく、PHAの生合成プロセス中で行う事ができるというメリットを有しており、先に示したように、フェニル基等の官能基を有するPHAに関しても、その実用用途の範囲を広げる意味から分子量の制御技術が要求されているが、そのような技術はこれまで開発されて来なかった。

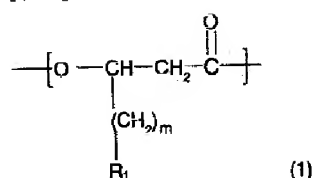
【0019】本発明の目的は、側鎖にフェニル構造、チオフェン構造、シクロヘキシル構造を有する残基を含むユニットを分子中に含むポリヒドロキシアルカノエートの分子量制御方法を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明者らは上記の課題を解決すべく鋭意研究の結果、以下のような発明に至った。即ち、本発明は、下記式(1)：

【0021】

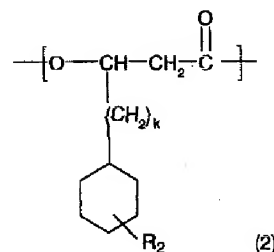
【化29】



【0022】(mは1~8の整数を表し、R<sub>1</sub>はフェニル構造、チエニル構造の少なくとも1種を有する残基を示す。但し、複数のユニットが存在する場合、少なくとも2個のユニット間でm及びR<sub>1</sub>の少なくとも一方が異なるものであってもよい。)で示される3-ヒドロキシ-ω-置換アルカン酸ユニット、あるいは、式(2)：

【0023】

【化30】



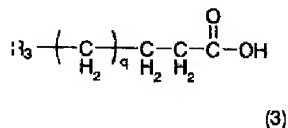
【0024】(kは0~8の整数を表し、R<sub>2</sub>はシクロヘキシル基への置換基を示し、R<sub>2</sub>はH原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、ハロゲン原子、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、CF<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>基から選択された少なくとも一種である。但し、複数のユニットが存在する場



合、少なくとも2個のユニット間で $k$ 及び $R_2$ の少なくとも一方が異なるものであってもよい。)で示される3-ヒドロキシ- $\omega$ -シクロヘキシルアルカン酸ユニット、の少なくとも1種類のユニットを分子中に含むポリヒドロキシアルカノエートの分子量制御方法において、式(3)：

【0025】

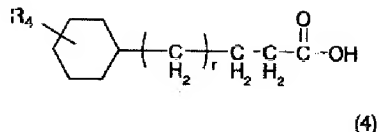
【化3 1】



【0026】(qは1～8の整数を表し、R<sub>3</sub>はフェニル構造、チエニル構造の少なくとも1種を有する残基を示す。)で示される $\omega$ -置換アルカン酸、あるいは、式(4)：

【0027】

【化3 2】



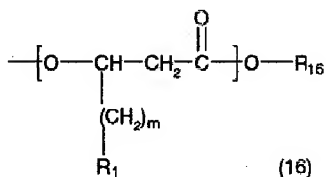
【0028】(rは0～8の整数を表し、R<sub>4</sub>はシクロヘキシル基への置換基を示し、R<sub>4</sub>はH原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、ハロゲン原子、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、CF<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>基から選択された少なくとも一種である。)で示されるω-シクロヘキシルアルカン酸、の少なくとも1種類の化合物と、水酸基を有する化合物と、を含む培地で、前記式(3)あるいは前記式(4)で示される少なくとも1種類の化合物からポリヒドロキシアルカノエートを生産する能力を有する微生物を培養する工程を有することを特徴とするポリヒドロキシアルカノエートの分子量制御方法である。

【0029】本発明は、水酸基を有する化合物を分子量制御剤として用いることで、微生物によるポリマー生成における分子量制御が可能である点に基づくもので、上記の構成により効果的な分子量制御を行うことを可能とするものである。

【0030】また、本発明は、下記式（16）：

【0031】

【化3 3】

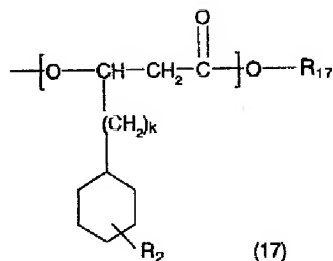


【0032】(mは1～8の整数を表し、 $R_1$ はフェニ

ル構造、チエンル構造の少なくとも1種を有する残基を示す。但し、複数のユニットが存在する場合、少なくとも2個のユニット間で $m$ 及び $R_1$ の少なくとも一方が異なるものであってもよい。 $R_{16}$ はアルコール類、ジオール類、トリオール類、アルキレングリコール類、ポリエチレングリコール類、ポリエチレンオキサイド類、アルキレングリコールモノエステル類、ポリエチレングリコールモノエステル類、ポリエチレンオキサイドモノエステル類化合物から選ばれる少なくとも1種類に由来する基である。)で示される3-ヒドロキシ- $\omega$ -置換アルカン酸ユニット、あるいは、式(17)：

【0033】

【化34】



【0034】(kは0～8の整数を表し、R<sub>2</sub>はシクロヘキシル基への置換基を示し、R<sub>2</sub>はH原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、ハロゲン原子、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、CF<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>基から選択された少なくとも一種である。但し、複数のユニットが存在する場合、少なくとも2個のユニット間でk及びR<sub>2</sub>の少なくとも一方が異なるものであってもよい。R<sub>17</sub>はアルコール類、ジオール類、トリオール類、アルキレングリコール類、ポリエチレングリコール類、ポリエチレンオキサイド類、アルキレングリコールモノエステル類、ポリエチレングリコールモノエステル類、ポリエチレンオキサイドモノエステル類化合物から選ばれる少なくとも1種類に由来する基である。)で示される3-ヒドロキシ- $\omega$ -シクロヘキシルアルカン酸ユニット、の少なくとも1種類のユニットを分子中に含むポリヒドロキシアルカノエートである。

【0035】

【発明の実施の形態】上記式(2)における $R_2$ 、及び式(4)における $R_4$ は、シクロヘキシル基への置換基を示すものであり、そのシクロヘキシル基への置換基は全てが同一であっても、少なくとも2個の置換基間で異なるものであってもよい。

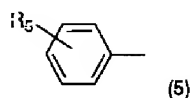
【0036】上記式（１）あるいは（２）で示される少なくとも１種類のユニットを分子中に含むポリヒドロキシアルカノエートは、式（１）で示されるユニットのみ有する、式（２）で示されるユニットのみ有する、式（１）で示されるユニットと式（２）で示されるユニットの両方を有する、のいずれでもよい。また、上記のポリヒドロキシアルカノエートが、式（１）で示される２

以上のユニットを有する場合には、その全てのユニットのm及びR<sub>1</sub>が同一であっても、少なくとも2個のユニット間でm及びR<sub>1</sub>の少なくとも一方が異なるものが存在してもよい。式(1)におけるm及びR<sub>1</sub>の少なくとも一方を異ならせる場合には、式(3)で示されるモノマーとして、所望のユニット組成が生成されるポリヒドロキシアルカノエートに得られるようにqまたはR<sub>3</sub>の異なる少なくとも2種以上を用いる。同様に、上記のポリヒドロキシアルカノエートが、式(2)で示される2以上のユニットを有する場合には、その全てのユニットのk及びR<sub>2</sub>が同一であっても、少なくとも2個のユニット間でk及びR<sub>2</sub>の少なくとも一方が異なるものが存在してもよい。式(2)におけるk及びR<sub>2</sub>の少なくとも一方を異ならせる場合には、式(4)で示されるモノマーとして、所望のユニット組成が生成されるポリヒドロキシアルカノエートに得られるようにrまたはR<sub>4</sub>の異なる少なくとも2種以上を用いる。

【0037】ここで、式(1)におけるR<sub>1</sub>、及び式(3)におけるR<sub>3</sub>、即ちフェニル構造、チエニル構造の少なくとも1種を有する残基としては、下記式(5)～(15)で表される残基または残基群に含まれるものを好ましい具体例として挙げることができ、これらの少なくとも1種を式(1)におけるR<sub>1</sub>、及び式(3)におけるR<sub>3</sub>として用いることができる。式(5)：

【0038】

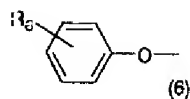
【化35】



【0039】(式中、R<sub>5</sub>は芳香環への置換基を示し、R<sub>5</sub>はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、CH=CH<sub>2</sub>基、COOR<sub>51</sub>(R<sub>51</sub>はH原子、Na原子、K原子のいずれかを表し、R<sub>1</sub>の場合のみ選択される。)、CF<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェニル基群；式(6)：

【0040】

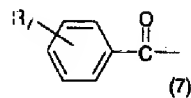
【化36】



【0041】(式中、R<sub>6</sub>は芳香環への置換基を示し、R<sub>6</sub>はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、SCH<sub>3</sub>基、CF<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェノキシ基群；式(7)：

【0042】

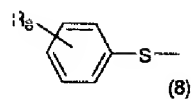
【化37】



【0043】(式中、R<sub>7</sub>は芳香環への置換基を示し、R<sub>7</sub>はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、CF<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換ベンゾイル基群；式(8)：

【0044】

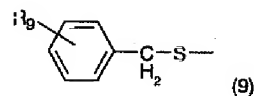
【化38】



【0045】(式中、R<sub>8</sub>は芳香環への置換基を示し、R<sub>8</sub>はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、COOR<sub>81</sub>(R<sub>81</sub>はH原子、Na原子、K原子、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基のいずれかを表す。)、SO<sub>2</sub>R<sub>82</sub>(R<sub>82</sub>はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、OCH<sub>3</sub>基、OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>のいずれかを表す。)、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-CH基、(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>-C基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェニルスルファニル基群；式(9)：

【0046】

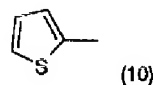
【化39】



【0047】(式中、R<sub>9</sub>は芳香環への置換基を示し、R<sub>9</sub>はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO<sub>2</sub>基、COOR<sub>91</sub>(R<sub>91</sub>はH原子、Na原子、K原子、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基のいずれかを表す)、SO<sub>2</sub>R<sub>92</sub>(R<sub>92</sub>はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、OCH<sub>3</sub>基、OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>のいずれかを表す)、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-CH基、(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>-C基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換(フェニルメチル)スルファニル基群；式(10)：

【0048】

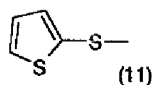
【化40】



【0049】で示される2-チエニル基；式(11)：

【0050】

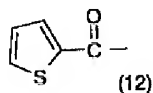
【化41】



【0051】で示される2-チエニルスルファニル基；  
式(12)：

【0052】

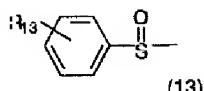
【化42】



【0053】で示される2-チエニルカルボニル基；式  
(13)：

【0054】

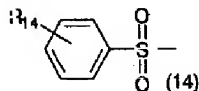
【化43】



【0055】(式中、 $R_{13}$ は芳香環への置換基を示し、 $R_{13}$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{COOR}_{131}$ ( $R_{131}$ はH原子、Na原子、K原子、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基のいずれかを表す)、 $\text{SO}_2R_{132}$ ( $R_{132}$ はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、 $\text{OCH}_3$ 基、 $\text{OC}_2\text{H}_5$ のいずれかを表す)、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $(\text{CH}_3)_2\text{-CH}$ 基、 $(\text{CH}_3)_3\text{-C}$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される $R_1$ の場合のみ選択される無置換または置換フェニルスルフィニル基群；式(14)：

【0056】

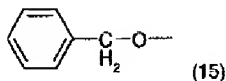
【化44】



【0057】(式中、 $R_{14}$ は芳香環への置換基を示し、 $R_{14}$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{COOR}_{141}$ ( $R_{141}$ はH原子、Na原子、K原子、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基のいずれかを表す)、 $\text{SO}_2R_{142}$ ( $R_{142}$ はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、 $\text{OCH}_3$ 基、 $\text{OC}_2\text{H}_5$ のいずれかを表す)、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $(\text{CH}_3)_2\text{-CH}$ 基、 $(\text{CH}_3)_3\text{-C}$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される $R_1$ の場合のみ選択される無置換または置換フェニルスルホニル基群；及び、式(15)：

【0058】

【化45】



【0059】で示される(フェニルメチル)オキシ基。

【0060】なお、上記式(5)における $R_5$ 、上記式(6)における $R_6$ 、上記式(7)における $R_7$ 、上記式(8)における $R_8$ 、上記式(9)における $R_9$ 、上記式(13)における $R_{13}$ 、及び上記式(14)における $R_{14}$ は、芳香環への置換基を示すものであり、その芳香環への置換基は全てが同一であっても、少なくとも2個の置換基間で異なるものであってもよい。

【0061】また、上記式(5)の $R_5$ として $\text{COOR}_{51}$ ( $R_{51}$ はH原子、Na原子、K原子のいずれかを表す。)が選択された置換フェニル基、式(13)で示される無置換または置換フェニルスルフィニル基、式(14)で示される無置換または置換フェニルスルホニル基は、これらの残基に変換可能な残基を含むPHAを合成後に、適切な変換によって合成するのが好ましい。

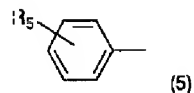
【0062】また、上記式(17)における $R_2$ は、シクロヘキシル基への置換基を示すものであり、そのシクロヘキシル基への置換基は全てが同一であっても、少なくとも2個の置換基間で異なるものであってもよい。

【0063】上記式(16)あるいは(17)で示される少なくとも1種類のユニットを分子中に含むポリヒドロキシアルカノエートは、式(16)で示されるユニットのみ有する、式(17)で示されるユニットのみ有する、式(16)で示されるユニットと式(17)で示されるユニットの両方を有する、のいずれでもよい。また、上記のポリヒドロキシアルカノエートが、式(16)で示される2以上のユニットを有する場合には、その全てのユニットの $m$ 及び $R_1$ が同一であっても、少なくとも2個のユニット間で $m$ 及び $R_1$ の少なくとも一方が異なるものが存在してもよい。同様に、上記のポリヒドロキシアルカノエートが、式(17)で示される2以上のユニットを有する場合には、その全てのユニットの $k$ 及び $R_2$ が同一であっても、少なくとも2個のユニット間で $k$ 及び $R_2$ の少なくとも一方が異なるものが存在してもよい。

【0064】式(16)における $R_1$ 、即ちフェニル構造、チエニル構造の少なくとも1種を有する残基としては、下記式(5)～(15)で表される残基または残基群に含まれるものを好ましい具体例として挙げる事ができ、これらの少なくとも1種を式(16)における $R_1$ として用いることができる。式(5)：

【0065】

【化46】

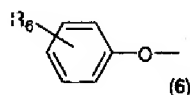


【0066】(式中、 $R_5$ は芳香環への置換基を示し、 $R_5$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $\text{CH=CH}_2$ 基、 $\text{COOR}_{51}$ ( $R_{51}$ はH原子、Na原子、K原子のいずれかを表

す。)、 $\text{CF}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{F}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{F}_7$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェニル基群;式(6):

【0067】

【化47】

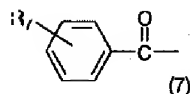


【0068】(式中、 $R_6$ は芳香環への置換基を示し、 $R_6$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $\text{SCH}_3$ 基、 $\text{CF}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{F}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{F}_7$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェノキシ基群;式

(7):

【0069】

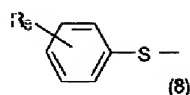
【化48】



【0070】(式中、 $R_7$ は芳香環への置換基を示し、 $R_7$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $\text{CF}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{F}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{F}_7$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換ベンゾイル基群;式(8):

【0071】

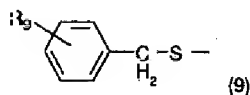
【化49】



【0072】(式中、 $R_8$ は芳香環への置換基を示し、 $R_8$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{COO}$   $R_{91}$  ( $R_{91}$ はH原子、Na原子、K原子、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基のいずれかを表す。)、 $\text{SO}_2 R_{92}$  ( $R_{92}$ はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、 $\text{OCH}_3$ 基、 $\text{OC}_2\text{H}_5$ のいずれかを表す。)、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $(\text{CH}_3)_2\text{-CH}$ 基、 $(\text{CH}_3)_3\text{-C}$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェニルスルファニル基群;式(9):

【0073】

【化50】

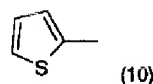


【0074】(式中、 $R_9$ は芳香環への置換基を示し、 $R_9$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{COO}$   $R_{91}$  ( $R_{91}$ はH原子、Na原子、K原子、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基のいずれかを表す。)、 $\text{SO}_2 R_{92}$  ( $R_{92}$ はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、 $\text{OCH}_3$ 基、 $\text{OC}_2\text{H}_5$ のいずれかを表す。)、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $(\text{CH}_3)_2\text{-CH}$ 基、 $(\text{CH}_3)_3\text{-C}$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェニルスルフィニル基群;式(10):

$\text{H}_5$ 基のいずれかを表す)、 $\text{SO}_2 R_{92}$  ( $R_{92}$ はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、 $\text{OCH}_3$ 基、 $\text{OC}_2\text{H}_5$ のいずれかを表す)、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $(\text{CH}_3)_2\text{-CH}$ 基、 $(\text{CH}_3)_3\text{-C}$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換(フェニルメチル)スルファニル基群;式(10):

【0075】

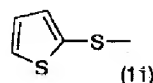
【化51】



【0076】で示される2-チエニル基;式(11):

【0077】

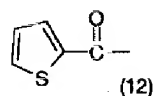
【化52】



【0078】で示される2-チエニルスルファニル基;式(12):

【0079】

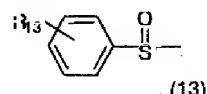
【化53】



【0080】で示される2-チエニルカルボニル基;式(13):

【0081】

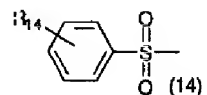
【化54】



【0082】(式中、 $R_{13}$ は芳香環への置換基を示し、 $R_{13}$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{COO}$   $R_{131}$  ( $R_{131}$ はH原子、Na原子、K原子、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基のいずれかを表す。)、 $\text{SO}_2 R_{132}$  ( $R_{132}$ はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、 $\text{OCH}_3$ 基、 $\text{OC}_2\text{H}_5$ のいずれかを表す。)、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $(\text{CH}_3)_2\text{-CH}$ 基、 $(\text{CH}_3)_3\text{-C}$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェニルスルフィニル基群;式(14):

【0083】

【化55】

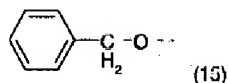


【0084】(式中、 $R_{14}$ は芳香環への置換基を示し、 $R_{14}$ はH原子、ハロゲン原子、CN基、 $\text{NO}_2$ 基、 $\text{COO}$   $R_{141}$  ( $R_{141}$ はH原子、Na原子、K原子、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基のいずれかを表す。)、 $\text{SO}_2 R_{142}$  ( $R_{142}$ はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、 $\text{OCH}_3$ 基、 $\text{OC}_2\text{H}_5$ のいずれかを表す。)、 $\text{CH}_3$ 基、 $\text{C}_2\text{H}_5$ 基、 $\text{C}_3\text{H}_7$ 基、 $(\text{CH}_3)_2\text{-CH}$ 基、 $(\text{CH}_3)_3\text{-C}$ 基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェニルスルフィニル基群;式(15):

<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基のいずれかを表す)、SO<sub>2</sub>R<sub>142</sub>(R<sub>142</sub>はOH基、ONa基、OK基、ハロゲン原子、OCH<sub>3</sub>基、OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>のいずれかを表す)、CH<sub>3</sub>基、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>基、C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>基、(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-CH基、(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>-C基から選択された少なくとも一種である。)で示される無置換または置換フェニルスルホン基群;及び、式(15):

【0085】

【化56】



【0086】で示される(フェニルメチル)オキシ基。  
【0087】なお、上記式(5)におけるR<sub>5</sub>、上記式(6)におけるR<sub>6</sub>、上記式(7)におけるR<sub>7</sub>、上記式(8)におけるR<sub>8</sub>、上記式(9)におけるR<sub>9</sub>、上記式(13)におけるR<sub>13</sub>、及び上記式(14)におけるR<sub>14</sub>は、芳香環への置換基を示すものであり、その芳香環への置換基は全てが同一であっても、少なくとも2個の置換基間で異なるものであってもよい。

【0088】本発明における水酸基を有する化合物としては、アルコール類、ジオール類、トリオール類、アルキレングリコール類、ポリエチレングリコール類、ポリエチレンオキサイド類、アルキレングリコールモノエステル類、ポリエチレングリコールモノエステル類及びポリエチレンオキサイドモノエステル類化合物から選ばれる少なくとも1種類を用いることができる。これらを分子量制御剤として用いることで、微生物によるポリマー生成における効果的な分子量制御を行うことを可能となる。

【0089】上記アルコール類、ジオール類及びトリオール類化合物としては、炭素数3から14の直鎖状及び分岐状のものが好ましい。

【0090】上記アルキレングリコール類及びアルキレングリコールモノエステル類化合物としては、その炭素鎖が、炭素数2から10の直鎖状及び分岐状構造を有しているものが好ましい。

【0091】上記ポリエチレングリコール類、ポリエチレンオキサイド類、ポリエチレングリコールモノエステル類及びポリエチレンオキサイドモノエステル類化合物の数平均分子量は100から20000の範囲であることが好ましい。

【0092】PHAのより低分子側での制御の際に用いる分子量制御剤の分子量としては100から500程度のものがよいが、PHA生産微生物にとって増殖やPHA生産に対し阻害効果を有する場合、或いはPHA生産微生物により代謝され所望のPHA分子量制御効果を発揮し得ない場合があるので注意が必要である。

【0093】この場合特に効果の高い化合物を挙げれば、ポリエチレングリコール200(PEG200)、

ブタノール、1,2-ブタンジオール、1,4-ブタンジオール、1,6-ヘキサジオール、1,2,3-ブタントリオール、エチレングリコール、エチレングリコールモノメチルエーテルを挙げることができる。

【0094】また、より高分子側でのPHA分子量制御の際に用いる分子量制御剤の分子量は500から2000程度のものが好ましく、具体的には平均分子量が600から2000の範囲のポリエチレングリコール(PEG600からPEG2000)を挙げることができる。

【0095】前記分子量制御剤によるPHAの分子量制御機構は以下の通りである。即ち、通常のPHA生産に於いては、モノマーユニット前駆体である3-ヒドロキシシアシルCoAが、PHA合成酵素であるPHAシントラーゼの触媒活性部位システインのチオール基とチオエステル結合により共有結合を形成し(酵素-3-ヒドロキシシアシルチオエステル)、更に近傍の一分子のチオール基とチオエステル結合により共有結合を形成した3-ヒドロキシシアシルCoA(酵素-3-ヒドロキシシアシルチオエステル)の水酸基と、チオエステル部分が反応することによりエステル結合が生じPHAの伸長反応が進み、この反応が繰り返されることにより結果としてポリマーが合成される。この様な系に水酸基を有する遊離の前記分子量制御剤が存在した場合には、前記分子量制御剤の水酸基と酵素-3-ヒドロキシシアシルチオエステルのチオエステル部分が反応してエステル結合を生じた時点で酵素から遊離することになり、結果としてその時点でPHAの伸長反応は停止することになる。

【0096】この様な、水酸基を有する化合物の濃度は、微生物培養の際の培地に対して0.01%から10%(質量/容量)、更に好ましくは0.02%から5%(質量/容量)を添加することがよく、添加時期は培養初期に一括して添加する方法、培養期間内に数回に分けて培地中に添加する方法のいずれでも良い。

【0097】本発明における微生物は、上に述べたように、上記式(3)あるいは上記式(4)で示される少なくとも1種類の化合物からポリヒドロキシアルカノエートを生産する能力を有する微生物である。

【0098】上記微生物を用いることは本発明にとって非常な構成要件である。つまり、先に「従来の技術」の項で述べた、米国特許6,156,852(特許文献2)、Biotechnology and Bioengineering, 62, 106-113(1999)(非特許文献11)、及びInternational Journal of Biological Macromolecules, 25, 43-53(1999)(非特許文献12)に開示された技術で用いる微生物は、この様な性質、即ち、式(3)あるいは式(4)で示される少なくとも1種類の化合物からポリヒドロキシアルカノエートを生産する能力を有さないからである。

【0099】これらの特許公報及び化学文献に示される微生物は、通常ポリ 3-ヒドロキシ酪酸（以下PHBと記す）、ポリ 3-ヒドロキシ吉草酸（以下PHVと記す）のホモポリマー或いはこれらのコポリマーを生産することが報告されているが、PHBに代表される生合成経路は

- ① アセチルCoA→アセトアセチルCoA
- ② アセトアセチルCoA→3-ヒドロキシブチリルCoA
- ③ 3-ヒドロキシブチリルCoA→ポリ 3-ヒドロキシ酪酸

で示される。

【0100】一方本発明の方法に用いる微生物は、式（3）あるいは式（4）で示される少なくとも1種類の化合物が「 $\beta$ 酸化経路」と呼ばれる脂肪酸分解経路に導入され、以下のような変換を受けてポリヒドロキシアルカノエートを生合成する。即ち、

<1> 式（3）あるいは式（4）で示される少なくとも1種類の化合物→アシルCoA

<2> アシルCoA→エノイルCoA

<3> エノイルCoA→3-ヒドロキシアシルCoA

<4> 3-ヒドロキシアシルCoA→ポリヒドロキシアルカノエート

に示す経路によりポリマーが生合成される。かかる生合成経路に対して本発明の分子量制御剤を用いる方法が適用できる。

【0101】更にはポリヒドロキシアルカノエートの合成を直接司る酵素は、上記③の工程で用いられるものはPHBシンターゼ或いはshort-chain-length PHAシンターゼであるのに対し、本発明の<4>工程で用いられるものはPHAシンターゼ或いはmedium-chain-length PHAシンターゼであり、基質特異性が異なった別種の酵素であることが知られている。これらのことは、FEMS Microbiology Reviews, 103, 217-230 (1992) (非特許文献13)やJournal of Biotechnology, 65, 127-161 (1998) (非特許文献14)等の総説論文に詳しく記載されている。

【0102】つまり、先の「従来の技術」の項における米国特許6,156,852 (特許文献2)、Biotechnology and Bioengineering, 62, 106-113 (1999) (非特許文献11)、及びInternational Journal of Biological Macromolecules, 25, 43-53 (1999) (非特許文献12)に開示された技術中で用いられる微生物と、本発明の方法で使用する微生物とは全く異なっている。この様な、本発明の方法で使用する微生物としては、式（3）あるいは式（4）で示される少なくとも1

種類の化合物からポリヒドロキシアルカノエートを生産する能力を有する微生物であれば如何なる微生物であっても良いが、その中でも特にシュドモナス (Pseudomonas) 属に属する微生物が望ましく、更に詳しくはシュドモナス チコリアイ (Pseudomonas cichorii)、シュドモナス プチダ (Pseudomonas putida)、シュドモナス フルオレセンス (Pseudomonas fluorescense)、シュドモナス オレオボラン (Pseudomonas oleovorans)、シュドモナス アルギノーサ (Pseudomonas aeruginosa)、シュドモナス スツツェリ (Pseudomonas stutzeri)、シュドモナス ジェッセニイ (Pseudomonas jessenii) 等が望ましい。更に詳しくは、さらに詳しくは、シュドモナス チコリアイ YN2株 (Pseudomonas cichorii YN2; FERM BP-7375)、シュドモナス チコリアイ H45株 (Pseudomonas cichorii H45; FERM BP-7374)、シュドモナス ジェッセニイ P161株 (Pseudomonas jessenii P161; FERM BP-7376)、シュドモナス プチダ P91株 (Pseudomonas putida P91; FERM BP-7373) が挙げられる。これら4種の微生物は独立行政法人 産業技術総合研究所特許生物寄託センターに寄託されており、特開2001-288256号公報 (特許文献3) に記載されている微生物である。なお、微生物は2種以上を混合して用いることもできる。

【0103】本発明の方法における微生物の培養条件は、以下のとおりである。リン酸緩衝液及びアンモニウム塩或いは硝酸塩を基本とした無機塩培地に、以下に示すように種々の必要基質及び栄養素等を加える。まず、目的とするポリヒドロキシアルカノエートを生産するための基質として、上記式（3）あるいは式（4）で示される少なくとも1種類の化合物を培地あたり0.01%から1% (質量/容量)、更に好ましくは0.02%から0.2% (質量/容量) の割合で含有していることが望ましい。

【0104】微生物増殖のための炭素源及び窒素源、ポリヒドロキシアルカノエート生産のためのエネルギー供給源として、以下の共存基質を、通常培地あたり0.1%から5% (質量/容量)、更に好ましくは0.2%から2% (質量/容量) の割合で含有していることが望ましい。

共存基質：

- ・天然培地成分：酵母エキス、肉エキス、麦芽エキス、カザミノ酸、カゼイン加水分解物、ポリペプトン、トリプトン、ペプトン等。
- ・糖類：グリセロアルデヒド、エリスロース、アラビノ

ース、キシロース、グルコース、ガラクトース、マンノース、フルクトースといったアルドース、グリセロール、エリスリトール、キシリトール等のアルジトール、グルコン酸等のアルドン酸、グルクロン酸、ガラクトゾン酸等のウロン酸、マルトース、スクロース、ラクトースといった二糖等。

・有機酸或いはその塩：ピルビン酸、リンゴ酸、乳酸、クエン酸、コハク酸、オキサロ酢酸、イソクエン酸、ケトグルタル酸、フマル酸或いはその塩等。

・アミノ酸：グルタミン酸、アスパラギン酸或いはその塩等。

・アルカン酸：炭素数4から12の直鎖或いは分岐アルカン酸等。

【0105】本発明で用いる培地としては、リン酸塩及びアンモニウム塩或いは硝酸塩等の窒素源を含む無機塩培地ならいかなる培地でも良いが、窒素源の濃度を調節することでPHAの生産性を向上せしめることが可能である。

【0106】培養温度としては上記の菌株が良好に増殖可能な温度であれば良く、15℃から37℃、更に好ましくは20℃から30℃程度が適当である。

【0107】培養は、液体培養、固体培養等、該微生物が増殖し、PHAを生産する培養方法ならいかなる培養方法でも用いることができる。さらに、バッチ培養、フェドバッチ培養、半連続培養、連続培養等の種類も問わない。液体バッチ培養の形態としては、振とうフラスコによって振とうさせて酸素を供給する方法、ジャーファーマンターによる攪拌通気方式の酸素供給方法がある。

【0108】微生物にPHAを生産・蓄積せしめる方法としては、上に示した方法の他に、一旦十分に増殖させて後に、塩化アンモニウムのような窒素源を制限した培地へ菌体を移し、目的ユニットの基質となる化合物を加えた状態で更に培養すると生産性が向上する場合がある。

【0109】本発明において、上記のように培養された微生物細胞から目的のPHAを分離する方法としては、通常行なわれている方法を適用することができる。例えば、クロロホルム、ジクロロメタン、アセトンなどの有機溶媒による抽出が最も簡便ではあるが、それ以外にジオキサン、テトラヒドロフラン、アセトニトリルが用いられる場合もある。また、有機溶媒が使用しにくい環境中においては、SDS等の界面活性剤による処理、リゾチーム等の酵素による処理、次亜塩素酸塩、アンモニア、EDTA等の薬剤による処理、或いは超音波破碎法、ホモジナイザー法、圧力破碎法、ビーズ衝撃法、摩擦法、播漬法、凍結融解法のいずれかの方法を用いて微生物細胞を物理的に破碎することによって、PHA以外の菌体成分を除去して、PHAを回収する方法を用いることもできる。

【0110】なお、本発明の微生物の培養、本発明の微

生物によるPHAの生産と菌体への蓄積、並びに、本発明における菌体からのPHAの回収は、上記の方法に限定されるものではない。

【0111】

【実施例】実施例で用いた無機塩培地（M9培地）の組成を以下に示す。

（M9培地組成：単位g/L）

$\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ：6.3

$\text{KH}_2\text{PO}_4$ ：3.0

$\text{NH}_4\text{Cl}$ ：1.0

$\text{NaCl}$ ：0.5

（pH=7.0）

更に、良好な増殖及びPHAの生産のために、上記の無機塩培地に培地に以下に示す微量成分溶液を0.3%（容量/容量）程度添加した。

（微量成分溶液組成：単位g/L）

ニトリロ 三酢酸：1.5； $\text{MgSO}_4$ ：3.0； $\text{MnSO}_4$ ：0.5； $\text{NaCl}$ ：1.0； $\text{FeSO}_4$ ：0.1； $\text{CaCl}_2$ ：0.1； $\text{CoCl}_2$ ：0.1； $\text{ZnSO}_4$ ：0.1； $\text{CuSO}_4$ ：0.1； $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$ ：0.1； $\text{H}_3\text{BO}_3$ ：0.1； $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ ：0.1； $\text{NiCl}_2$ ：0.1

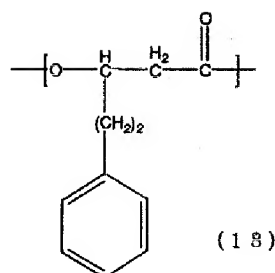
（実施例1）ポリ 3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸（PHPV）のポリエチレングリコールによる分子量制御-1

ポリペプトン（和光純薬）0.5%（質量/容量（w/v））、5-フェニル吉草酸0.1%（w/v）及び分子量制御剤としてポリエチレングリコール200（PEG200：平均分子量190-210；キシダ化学）を0%、1%、2%、5%（容量/容量（v/v））含むM9培地200mLに、予めポリペプトン0.5%を含むM9培地で30℃、8時間振とう培養したシュドモナス チコリアイ YN2株の培養液を1mL加え、500mL容振とうフラスコで30℃、24時間培養した。培養後、遠心分離により菌体を収穫し、メタノールで洗浄した後凍結乾燥した。乾燥菌体を秤量後、クロロホルムを加え、50℃で24時間攪拌することによりポリマーを抽出した。ポリマーが抽出されたクロロホルムをろ過し、エバポレーターにより濃縮した後、冷メタノールで沈殿固化した部分を集め、減圧乾燥して、目的とするポリマーを得た。

【0112】得られたポリマーの構造決定を、 $^1\text{H-NMR}$ （FT-NMR：Bruker DPX400； $^1\text{H}$ 共鳴周波数：400MHz；測定核種： $^1\text{H}$ ；使用溶媒： $\text{CDCl}_3$ ；reference：キャピラリー封入TMS/ $\text{CDCl}_3$ ；測定温度：室温）によって行ったところ、ほぼポリ 3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸（以下PHPVと記す）のホモポリマーであった（以下の式（18））。

【0113】

【化57】



【0114】これらポリマーの分子量は、ゲルパーミエーションクロマトグラフィー（GPC）により測定した（東ソー HLC-8220 GPC、カラム：東ソー TSK-GEL SuperHM-H、溶媒：クロロホルム、ポリスチレン換算）。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表1に示す。

【0115】

【表1】

| P:G200(%) | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn    | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 0         | 1238      | 603       | 48.7   | 92000 | 1.9   |
| 1         | 1022      | 523       | 51.1   | 26000 | 2.0   |
| 2         | 1007      | 513       | 50.9   | 18000 | 2.1   |
| 5         | 625       | 343       | 54.8   | 15000 | 2.1   |

【0116】CDW：菌体乾燥重量；PDW：ポリマー乾燥重量；P/C：ポリマー乾燥重量／菌体乾燥重量；Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布

（実施例2）PHPVのポリエチレングリコールによる分子量制御-2

分子量制御剤としてPEG200の替わりにPEG600（平均分子量：570-630）にした以外は実施例

1と同様の方法で実験を行った。<sup>1</sup>H-NMRにより解析した、得られたポリマーの構造は実施例1と同じくほぼPHPVホモポリマーであった。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表2に示す。

【0117】

【表2】

| PEG600(%) | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn    | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 0         | 1205      | 600       | 49.8   | 92000 | 1.9   |
| 1         | 1100      | 533       | 48.5   | 70000 | 1.9   |
| 2         | 1090      | 533       | 48.9   | 55000 | 2.1   |
| 5         | 605       | 321       | 53.1   | 49000 | 2.0   |

【0118】CDW：菌体乾燥重量；PDW：ポリマー乾燥重量；P/C：ポリマー乾燥重量／菌体乾燥重量；Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布

（実施例3）PHPVのポリエチレングリコールによる分子量制御-3

分子量制御剤としてPEG200の替わりにPEG2000（平均分子量：1800-2200）にした以外は

実施例1と同様の方法で実験を行った。<sup>1</sup>H-NMRにより解析した、得られたポリマーの構造は実施例1と同じくほぼPHPVホモポリマーであった。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表3に示す。

【0119】

【表3】

| PEG2000(%) | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn    | Mw/Mn |
|------------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 0          | 1225      | 602       | 49.1   | 92000 | 1.9   |
| 1          | 1090      | 519       | 47.6   | 80000 | 2.1   |
| 2          | 1070      | 522       | 48.8   | 67000 | 2.0   |
| 5          | 618       | 320       | 51.8   | 61000 | 1.9   |

【0120】CDW：菌体乾燥重量；PDW：ポリマー乾燥重量；P/C：ポリマー乾燥重量／菌体乾燥重量；Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布

（実施例4）ポリ 3-ヒドロキシ-5-フェノキシ吉草酸のポリエチレングリコールによる分子量制御  
ポリペプトン0.5%（w/v）、5-フェノキシ吉草酸0.1%（w/v）を含み、分子量制御剤としてPEG200を含まない、或いは1%（v/v）含むM9培地200mLに、予めポリペプトン0.5%を含むM9培地で30℃、8時間振とう培養したシュードモナスチコリアイYN2株、シュードモナスアチダP161株の培養液をそれぞれ1mL加え、500mL容振とう

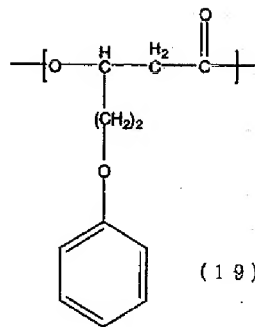
フラスコで30℃、45時間培養した。培養後、実施例1に示す方法と同様の方法で、目的とするポリマーを得た。

【0121】得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMRによって行ったところ、何れもほぼポリ 3-ヒドロキシ-5-フェノキシ吉草酸のホモポリマーであった（以下の式（19））。

【0122】

【化58】





【0123】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表4に示す。

【0124】

【表4】

| 菌株   | PEG200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn     | Mw/Mn |
|------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-------|
| YN2  | 含まない      | 760       | 360       | 47.4   | 225000 | 2.1   |
|      | 含む        | 750       | 175       | 23.3   | 92000  | 2.0   |
| P161 | 含まない      | 680       | 150       | 22.1   | 160000 | 1.9   |
|      | 含む        | 530       | 40        | 7.5    | 40000  | 2.0   |

【0125】CDW：菌体乾燥重量；PDW：ポリマー乾燥重量；P/C：ポリマー乾燥重量／菌体乾燥重量；Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布

（実施例5）PHPVの各種分子量制御剤による分子量制御

ポリペプトン0.5%（w/v）、5-フェニル吉草酸0.1%（w/v）及び分子量制御剤を含まない、或いは分子量制御剤としてPEG200、イソプロパノール（キシダ化学）、n-ブタノール（キシダ化学）を各0.1%（v/v）含むM9培地200mLに、予めポリペプトン0.5%を含むM9培地で30℃、8時間振とう培養したシュドモナス チコリアイ YN2株の培

養液を1mL加え、500mL容振とうフラスコで30℃、40時間培養した。培養後、実施例1に示す方法と同様の方法で、目的とするポリマーを得た。

【0126】得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMRによって行ったところ、何れもほぼPHPVのホモポリマーであった。

【0127】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表5に示す。

【0128】

【表5】

| 分子量制御剤 | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn    | Mw/Mn |
|--------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 無添加    | 1170      | 705       | 60.3   | 94000 | 1.9   |
| PEG200 | 1100      | 540       | 49.1   | 65000 | 2.1   |
| IPA    | 1210      | 600       | 49.6   | 79000 | 1.9   |
| BA     | 1470      | 635       | 43.2   | 36000 | 2.3   |

【0129】CDW：菌体乾燥重量；PDW：ポリマー乾燥重量；P/C：ポリマー乾燥重量／菌体乾燥重量；Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布；IPA：イソプロパノール；BA：n-ブタノール

（実施例6）ポリ 3-ヒドロキシ-5-（フェニルスルファニル）吉草酸の各種分子量制御剤による分子量制御

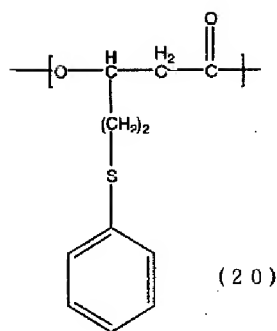
ポリペプトン0.5%及び5-（フェニルスルファニル）吉草酸0.1%を含み、分子量制御剤を含まない、或いは分子量制御剤として1,2-ブタンジオール、1,4-ブタンジオール、1,6-ヘキサジオール、1,2,3-ブタントリオール、エチレングリコール、エチレングリコールモノメチルエーテル各0.1%（v/v）を含むM9培地200mLに、予めポリペプトン0.5%を含むM9培地で30℃、8時間振とう培養したシュドモナス チコリアイ YN2株の培養液を1mL加え、500mL容振とうフラスコで30℃、48時

間培養した。培養後、実施例1に示す方法と同様の方法で、目的とするポリマーを得た。

【0130】得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMRによって行ったところ、何れもほぼポリ 3-ヒドロキシ-5-（フェニルスルファニル）吉草酸のホモポリマーであった（以下の式（20））。

【0131】

【化59】



( 20 )

【0132】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表6に示す。

【0133】

【表6】

| 分子量制御剤   | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn     | Mw/Mn |
|----------|-----------|-----------|--------|--------|-------|
| 無添加      | 1210      | 590       | 48.8   | 150000 | 2.3   |
| 1,2-BD   | 1200      | 570       | 47.5   | 42000  | 2.2   |
| 1,3-BD   | 1215      | 565       | 46.5   | 44000  | 2.1   |
| 1,6-HD   | 1150      | 575       | 50.0   | 29000  | 2.1   |
| 1,2,3-BT | 1090      | 505       | 46.3   | 45000  | 2.3   |
| EG       | 1230      | 600       | 48.8   | 50000  | 2.2   |
| MEG      | 1200      | 590       | 49.2   | 53000  | 2.2   |

【0134】CDW：菌体乾燥重量；PDW：ポリマー乾燥重量；P/C：ポリマー乾燥重量／菌体乾燥重量；Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布；1,2-BD：1,2-ブタンジオール；1,4-BD：1,4-ブタンジオール；1,6-HD：1,6-ヘキサジオール；1,2,3-BT：1,2,3-ブタントリオール；EG：エチレングリコール；MEG：エチレングリコールモノメチルエーテル

(実施例7) ポリ 3-ヒドロキシ-5-(2-チエニル)吉草酸のPEGによる分子量制御  
酵母エキス(Difco)0.5%、5-(2-チエニル)吉草酸0.1%を含み、分子量制御剤としてPEG200を含まない、或いは1%(v/v)含むM9培地200mLに、予め酵母エキス0.5%を含むM9培地で30℃、8時間振とう培養したシュドモナス プチダP91株の培養液をそれぞれ1mL加え、500mL容振とうフラスコで30℃、45時間培養した。培養後、実施例1に示す方法と同様の方法で、目的とするポリマーを得た。

【0135】得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-N

| PEG200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn    | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 含まない      | 600       | 15        | 2.5    | 72000 | 3.2   |
| 含む        | 540       | 16        | 3.0    | 30000 | 2.8   |

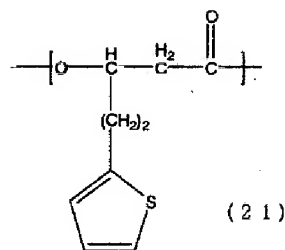
【0139】CDW：菌体乾燥重量；PDW：ポリマー乾燥重量；P/C：ポリマー乾燥重量／菌体乾燥重量；Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布

(実施例8) ポリ 3-ヒドロキシ-5-(4-フルオロフェニル)吉草酸のPEGによる分子量制御  
D-グルコース(キシダ化学)0.5%、5-(4-フルオロフェニル)吉草酸0.1%を含み、分子量制御剤としてPEG200を含まない、或いは1%(v/v)含むM9培地200mLに、予めポリペプトン0.5%

MRによって行ったところ、ほぼポリ 3-ヒドロキシ-5-(2-チエニル)吉草酸のホモポリマーであった(以下の式(21))。

【0136】

【化60】



( 21 )

【0137】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表7に示す。

【0138】

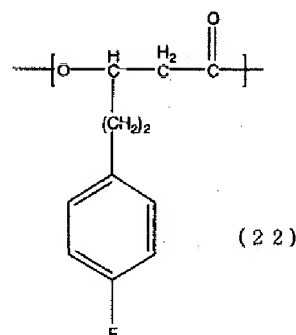
【表7】

を含むM9培地で30℃、8時間振とう培養したシュドモナス チコリアイ YN2株の培養液をそれぞれ1mL加え、500mL容振とうフラスコで30℃、48時間培養した。培養後、実施例1に示す方法と同様の方法で、目的とするポリマーを得た。

【0140】得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMRによって行ったところ、ほぼポリ 3-ヒドロキシ-5-(4-フルオロフェニル)吉草酸のホモポリマーであった(以下の式(22))。

【 0 1 4 1 】

【 化 6 1 】



| PEG200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn    | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 含まない      | 790       | 430       | 54.4   | 90000 | 2.1   |
| 含む        | 700       | 390       | 55.7   | 22000 | 2.0   |

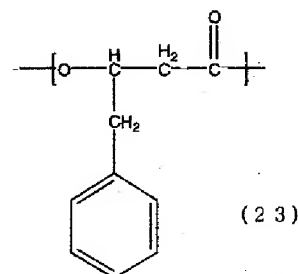
【 0 1 4 4 】 CDW : 菌体乾燥重量 ; PDW : ポリマー乾燥重量 ; P / C : ポリマー乾燥重量 / 菌体乾燥重量 ; Mn : 数平均分子量 ; Mw / Mn : 分子量分布

( 実施例 9 ) ポリ 3-ヒドロキシ-4-フェニル酪酸、及びポリ 3-ヒドロキシ-6-フェニルヘキサン酸の PEG による分子量制御

ポリマー合成基質を 4-フェニル酪酸及び 6-フェニルヘキサン酸に変更した以外は実施例 8 と同様の方法で PEG 200 の分子量制御効果を評価した。得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMR によって行ったところ、それぞれほぼポリ 3-ヒドロキシ-4-フェニル酪酸 ( 以下の式 ( 2 3 ) ) 及び 3-ヒドロキシ-6-フェニルヘキサン酸 ( 以下の式 ( 2 4 ) ) のホモポリマーであった。

【 0 1 4 5 】

【 化 6 2 】



| ポリマー  | PEG200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn    | Mw/Mn |
|-------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| PiPB  | 含まない      | 420       | 66        | 15.7   | 78000 | 2.2   |
|       | 含む        | 420       | 69        | 16.4   | 19000 | 2.1   |
| PHPiX | 含まない      | 700       | 72        | 10.3   | 80000 | 2.3   |
|       | 含む        | 660       | 69        | 10.9   | 23000 | 2.1   |

【 0 1 4 9 】 PHPB : ポリ 3-ヒドロキシ-4-フェニル酪酸 ; PHPHx : 3-ヒドロキシ-6-フェニルヘキサン酸 ; CDW : 菌体乾燥重量 ; PDW : ポリマー乾燥重量 ; P / C : ポリマー乾燥重量 / 菌体乾燥重

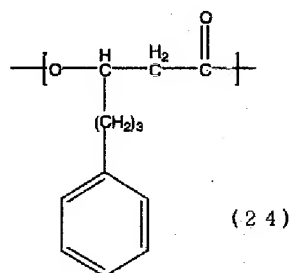
【 0 1 4 2 】 これらポリマーの分子量は、実施例 1 と同様に GPC により測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表 8 に示す。

【 0 1 4 3 】

【 表 8 】

【 0 1 4 6 】

【 化 6 3 】



【 0 1 4 7 】 これらポリマーの分子量は、実施例 1 と同様に GPC により測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表 9 に示す。

【 0 1 4 8 】

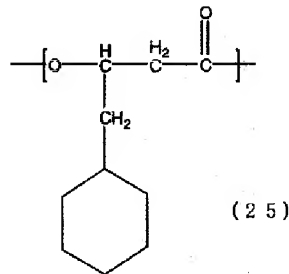
【 表 9 】

量 ; Mn : 数平均分子量 ; Mw / Mn : 分子量分布 ( 実施例 10 ) ポリ 3-ヒドロキシ-4-シクロヘキシル酪酸の PEG による分子量制御  
増殖基質を D-グルコースからポリペプトンに変更し、

ポリマー生成基質を4-シクロヘキシル酪酸に変更して、実施例8と同様に評価した。得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMRによって行ったところ、ほぼポリ 3-ヒドロキシ-4-シクロヘキシル酪酸のホモポリマーであった(以下の式(25))。

【0150】

【化64】



| P:G200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn    | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 含まない      | 820       | 480       | 58.5   | 71000 | 2.2   |
| 含む        | 820       | 430       | 52.4   | 18000 | 2.1   |

【0153】CDW: 菌体乾燥重量; PDW: ポリマー乾燥重量; P/C: ポリマー乾燥重量/菌体乾燥重量; Mn: 数平均分子量; Mw/Mn: 分子量分布

(実施例11) 3-ヒドロキシ-5-フェノキシ吉草酸及び3-ヒドロキシ-5-(4-シアノフェノキシ)吉草酸ユニット含有PHAのPEGによる分子量制御ポリペプトン0.5%及び5-(4-シアノフェノキシ)吉草酸、5-フェノキシ吉草酸をそれぞれ0.05%含み、分子量制御剤としてPEG200を含まない、或いは1%(v/v)含むM9培地200mLに、予めポリペプトン0.5%を含むM9培地で30℃、8時間振とう培養したシュードモナス チコリアイ YN2株の培養液をそれぞれ1mL加え、500mL容振とうフラスコで30℃、48時間培養した。培養後、実施例1に示す方法と同様の方法で精製を行い、更にアセトン可溶成分のみを回収することで目的とするポリマーを得た。

【0154】得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMRによって行ったところ、以下の式(26)の組成式に示すユニットの割合は、A:B:C:D=2:25:5:68(PEGを含まない系)及び3:24:7:6

| PEG200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn    | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 含まない      | 680       | 110       | 16.2   | 72000 | 2.3   |
| 含む        | 660       | 100       | 15.2   | 20000 | 2.1   |

【0158】CDW: 菌体乾燥重量; PDW: ポリマー乾燥重量; P/C: ポリマー乾燥重量/菌体乾燥重量; Mn: 数平均分子量; Mw/Mn: 分子量分布

(実施例12) 3-ヒドロキシ-5-フェノキシ吉草酸及び3-ヒドロキシ-5-(4-ニトロフェノキシ)吉草酸ユニット含有PHAのPEGによる分子量制御ポリマー生産基質のうち5-(4-シアノフェノキシ)吉草酸を5-(4-ニトロフェノキシ)吉草酸変更した

【0151】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表10に示す。

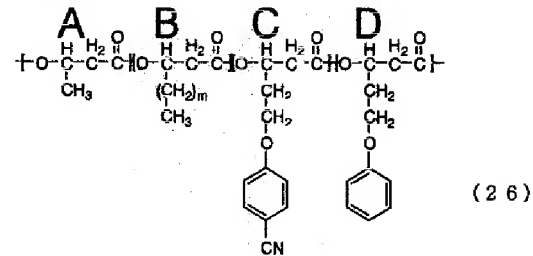
【0152】

【表10】

6(PEGを含んだ系)である、3-ヒドロキシ-5-フェノキシ吉草酸及び3-ヒドロキシ-5-(4-シアノフェノキシ)吉草酸ユニットを含むPHAであることが示された。

【0155】

【化65】



【0156】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表11に示す。

【0157】

【表11】

| PEG200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn    | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 含まない      | 680       | 110       | 16.2   | 72000 | 2.3   |
| 含む        | 660       | 100       | 15.2   | 20000 | 2.1   |

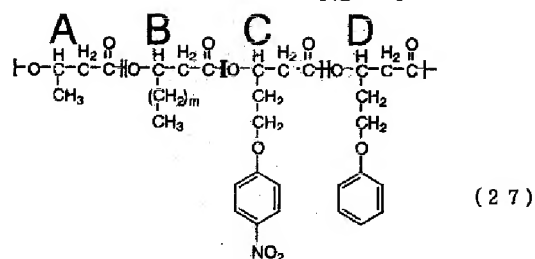
以外は実施例11と同様の方法でポリマーを得、PEGによる分子量制御効果の評価した。

【0159】得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMRによって行ったところ、以下の式(27)の組成式に示すユニットの割合は、A:B:C:D=2:22:4:72(PEGを含まない系)及び4:23:5:68(PEGを含んだ系)である、3-ヒドロキシ-5-フェノキシ吉草酸及び3-ヒドロキシ-5-(4-ニト

ロフェノキシ) 吉草酸ユニットを含むPHAであることが示された。

【0160】

【化66】



【0161】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマ

ーの分子量及び分子量分布を表12に示す。

【0162】

【表12】

| PEG200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn    | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 含まない      | 590       | 95        | 16.1   | 70000 | 2.2   |
| 含む        | 570       | 80        | 14.0   | 17000 | 2.1   |

【0163】CDW：菌体乾燥重量；PDW：ポリマー乾燥重量；P/C：ポリマー乾燥重量／菌体乾燥重量；Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布

(実施例13) 3-ヒドロキシ-5-フェノキシ吉草酸、3-ヒドロキシ-7-フェノキシヘプタン酸及び3-ヒドロキシ-9-フェノキシノナン酸ユニット含有PHAのPEGによる分子量制御

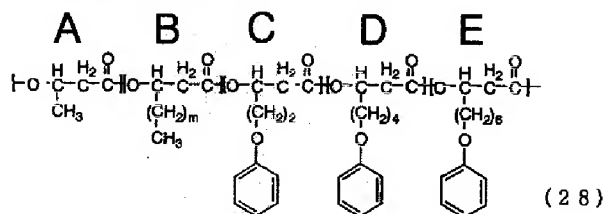
ポリマー合成基質として11-フェノキシウンデカン酸を用い、生産菌株としてシュードモナス チコリアイ H 45株を用いた以外は実施例10と同様の操作を行ってポリマーを得、PEGによる分子量制御評価を行った。

【0164】得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMRによって行ったところ、以下の式(28)の組成式に示すユニットの割合は、A：B：C：D：E=3：

1：34：51：11 (PEGを含まない系) 及び3：1：35：52：9 (PEGを含んだ系) である、3-ヒドロキシ-5-フェノキシ吉草酸、3-ヒドロキシ-7-フェノキシヘプタン酸及び3-ヒドロキシ-9-フェノキシノナン酸ユニットを含むPHAであることが示された。

【0165】

【化67】



【0166】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマ

ーの分子量及び分子量分布を表13に示す。

【0167】

【表13】

| PEG200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn    | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 含まない      | 820       | 290       | 35.4   | 33000 | 1.9   |
| 含む        | 815       | 280       | 34.4   | 10000 | 1.9   |

【0168】CDW：菌体乾燥重量；PDW：ポリマー乾燥重量；P/C：ポリマー乾燥重量／菌体乾燥重量；Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布

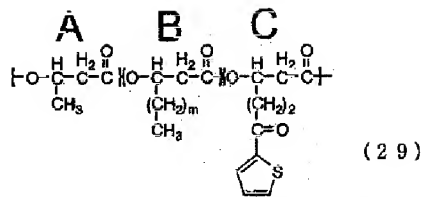
(実施例14) 3-ヒドロキシ-5-(2-チエノイル) 吉草酸ユニット含有PHAのPEGによる分子量制御

ポリマー合成基質として5-(2-チエノイル) 吉草酸を用いた以外は実施例8と同様の操作を行ってポリマーを得、PEGによる分子量制御評価を行った。

【0169】得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMRによって行ったところ、以下の式(29)の組成式に示すユニットの割合は、A：B：C=1：37：62 (PEGを含まない系) 及び1：35：64 (PEGを含んだ系) である、3-ヒドロキシ-5-(2-チエノイル) 吉草酸ユニットを含むPHAであることが示された。

【0170】

【化68】



| PEG200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn     | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-------|
| 含まない      | 870       | 95        | 10.9   | 110000 | 2.4   |
| 含む        | 875       | 100       | 11.4   | 45000  | 2.2   |

【0173】CDW：菌体乾燥重量；PDW：ポリマー乾燥重量；P/C：ポリマー乾燥重量／菌体乾燥重量；Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布

（実施例15）3-ヒドロキシ-5-ベンゾイル吉草酸ユニット含有PHAのPEGによる分子量制御  
ポリマー合成基質として5-ベンゾイル吉草酸を用いた以外は実施例8と同様の操作を行ってポリマーを得、PEGによる分子量制御評価を行った。

【0174】得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMRによって行ったところ、以下の式（30）の組成式に示すユニットの割合は、A：B：＝16：84（PEGを含まない系）及び15：85（PEGを含んだ系）である、3-ヒドロキシ-5-ベンゾイル吉草酸ユニットを含むPHAであることが示された。

| PEG200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn     | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-------|
| 含まない      | 660       | 170       | 25.8   | 330000 | 3.9   |
| 含む        | 665       | 180       | 27.1   | 95000  | 3.7   |

【0178】CDW：菌体乾燥重量；PDW：ポリマー乾燥重量；P/C：ポリマー乾燥重量／菌体乾燥重量；Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布

（実施例16）3-ヒドロキシ-5-（2-チエニルチオ）吉草酸ユニット含有PHAのPEGによる分子量制御

ポリマー合成基質として5-（2-チエニルチオ）吉草酸を用いた以外は実施例11と同様の操作を行ってポリマーを得、PEGによる分子量制御評価を行った。

【0179】得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMRによって行ったところ、以下の式（31）に示すポリ 3-ヒドロキシ-5-（2-チエニルチオ）吉草酸のほぼホモポリマーであることが示された。

【0180】

【化70】

| PEG200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn     | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-------|
| 含まない      | 1100      | 350       | 31.8   | 196000 | 2.9   |
| 含む        | 1050      | 350       | 33.3   | 74000  | 2.6   |

【0183】CDW：菌体乾燥重量；PDW：ポリマー乾燥重量；P/C：ポリマー乾燥重量／菌体乾燥重量；Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布

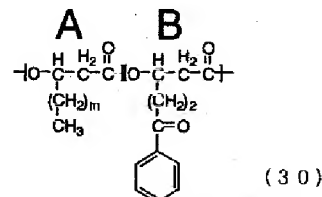
【0171】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表14に示す。

【0172】

【表14】

【0175】

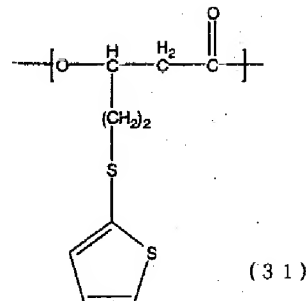
【化69】



【0176】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表15に示す。

【0177】

【表15】



【0181】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表16に示す。

【0182】

【表16】

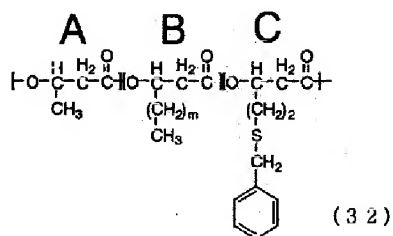
（実施例17）3-ヒドロキシ-5-〔（フェニルメチル）スルファニル〕吉草酸ユニット含有PHAのPEGによる分子量制御

ポリマー合成基質として5-[(フェニルメチル)スルファニル]吉草酸を用いた以外は実施例8と同様の操作を行ってポリマーを得、PEGによる分子量制御評価を行った。

【0184】得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMRによって行ったところ、以下の式(32)の組成式に示すユニットの割合は、A:B:C=2:8:90(PEGを含まない系)及び2:9:89(PEGを含んだ系)である、3-ヒドロキシ-5-[(フェニルメチル)スルファニル]吉草酸ユニットを含むPHAであることが示された。

【0185】

【化71】



| PEG200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn    | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 含まない      | 980       | 440       | 44.9   | 15000 | 3.6   |
| 含む        | 990       | 400       | 40.4   | 9000  | 3.2   |

【0188】CDW:菌体乾燥重量;PDW:ポリマー乾燥重量;P/C:ポリマー乾燥重量/菌体乾燥重量;Mn:数平均分子量;Mw/Mn:分子量分布

(実施例18)3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸及び3-ヒドロキシ-5-(4-ビニルフェニル)吉草酸ユニット含有PHAのPEGによる分子量制御ポリマー合成基質として5-フェニル吉草酸(0.09%)及び5-(4-ビニルフェニル)吉草酸(0.02%)を用い、クロロホルムによる抽出条件を23.5℃で72時間とした以外は実施例10と同様の操作を行ってポリマーを得、PEGによる分子量制御評価を行った。

【0189】得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMRによって行ったところ、以下の式(33)の組成式に示すユニットの割合は、A:B:C=1:14:85(PEGを含まない系)及び1:15:84(PEGを含んだ系)である、3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸及び3-ヒドロキシ-5-(4-ビニルフェニル)吉

【0186】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表17に示す。

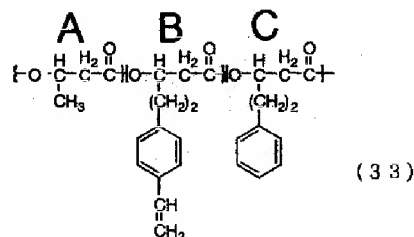
【0187】

【表17】

草酸ユニットを含むPHAであることが示された。

【0190】

【化72】



【0191】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表18に示す。

【0192】

【表18】

| PEG200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn    | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 含まない      | 1200      | 600       | 50.0   | 59000 | 2.0   |
| 含む        | 1150      | 580       | 50.4   | 19000 | 1.9   |

【0193】CDW:菌体乾燥重量;PDW:ポリマー乾燥重量;P/C:ポリマー乾燥重量/菌体乾燥重量;Mn:数平均分子量;Mw/Mn:分子量分布

(実施例19)3-ヒドロキシ-5-[(メチルスルファニル)フェノキシ]吉草酸ユニット含有PHAのPEGによる分子量制御

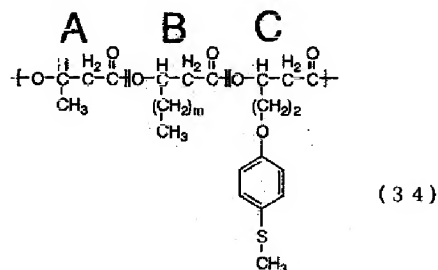
ポリマー合成基質として5-[(メチルスルファニル)フェノキシ]吉草酸を用いた以外は実施例10と同様の操作を行ってポリマーを得、PEGによる分子量制御評価を行った。

【0194】得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMRによって行ったところ、以下の式(34)の組成式

に示すユニットの割合は、A : B : C = 8 : 68 : 24 (PEGを含まない系) 及び 7 : 66 : 27 (PEGを含んだ系) である、3-ヒドロキシ-5-[(メチルスルファニル)フェノキシ]吉草酸ユニットを含むPHAであることが示された。

【0195】

【化73】

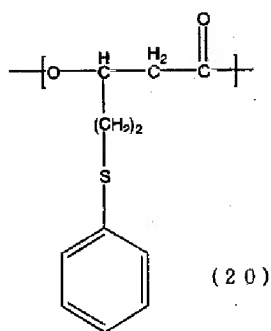


| PEG200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn    | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| 含まない      | 990       | 150       | 15.2   | 16000 | 2.3   |
| 含む        | 1000      | 130       | 13.0   | 9000  | 2.1   |

【0198】CDW：菌体乾燥重量；PDW：ポリマー乾燥重量；P/C：ポリマー乾燥重量／菌体乾燥重量；Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布（実施例20）分子量制御されたポリ 3-ヒドロキシ-5-（フェニルスルホニル）吉草酸のポリ 3-ヒドロキシ-5-（フェニルスルホニル）吉草酸への変換  
実施例6で得られたポリ 3-ヒドロキシ-5-（フェニルスルホニル）吉草酸のホモポリマーを（以下の式（20））、酸化処理によりポリ 3-ヒドロキシ-5-（フェニルスルホニル）吉草酸に変換した。

【0199】

【化74】



【0200】ポリヒドロキシアリカノエート400mgを100mL容ナスフラスコ中に加え、クロロホルム10mLを加えて溶解した。これを氷浴下に置き、クロロホルム20mLに溶解したメタクロロ過安息香酸1386mgをゆっくり加えて攪拌した。75分間、氷浴下で攪拌した後、水100mL及び亜硫酸水素ナトリウムを3020mg加えた。その後、クロロホルムにより抽出を行い、ポリマーを回収した。次に、100mLエタノールを加えて、2回洗浄し、減圧乾燥することでポリマーを得た。

【0196】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表19に示す。

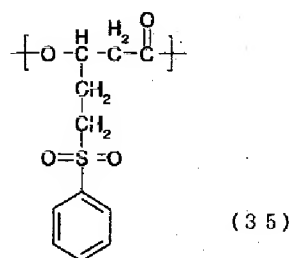
【0197】

【表19】

【0201】得られたポリマーの構造決定は、<sup>1</sup>H-NMR (FT-NMR: Bruker DPX400; 共鳴周波数: 400MHz; 測定核種: <sup>1</sup>H; 使用溶媒: CDCl<sub>3</sub>; reference: キヤピラリ封入TMS/CDCl<sub>3</sub>; 測定温度: 室温)によって行った。その結果、式(35)によって示される3-ヒドロキシ-5-（フェニルスルホニル）吉草酸のホモポリマーであることが確認された。

【0202】

【化75】



【0203】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られたポリマーの重量、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表20に示す。

【0204】

【表20】



| 分子量制御剤   | 重量 (mg) | Mn     | Mw/Mn |
|----------|---------|--------|-------|
| 無添加      | 378     | 135000 | 2.0   |
| 1,2-BD   | 366     | 37000  | 1.9   |
| 1,3-BD   | 389     | 35000  | 2.1   |
| 1,6-HD   | 384     | 26000  | 1.9   |
| 1,2,3-BT | 376     | 42000  | 2.1   |
| EG       | 389     | 48000  | 2.0   |
| MEG      | 382     | 49000  | 2.1   |

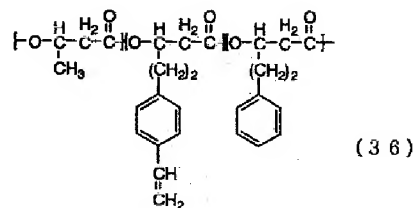
【0205】Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布；1,2-BD：1,2-ブタンジオール；1,4-BD：1,4-ブタンジオール；1,6-HD：1,6-ヘキサジオール；1,2,3-BT：1,2,3-ブタントリオール；EG：エチレングリコール；MEG：エチレングリコールモノメチルエーテル

(実施例21) 分子量制御された3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸及び3-ヒドロキシ-5-(4-ビニルフェニル)吉草酸ユニット含有PHAの酸化処理による3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸及び3-ヒドロキシ-5-(4-カルボキシフェニル)吉草酸ユニット含有PHAへの変換

実施例18で得られた3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸及び3-ヒドロキシ-5-(4-ビニルフェニル)吉草酸ユニットを含むPHA(式(36))の酸化処理による3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸及び3-ヒドロキシ-5-(4-カルボキシフェニル)吉草酸ユニット含有PHAへの変換を行った。

【0206】

【化76】



【0207】酸化開裂反応は以下のように行った。窒素雰囲気下、100mLフラスコに3-ヒドロキシ-ω-(4-ビニルフェニル)アルカン酸ユニットを含むポリエステル0.3g、18-クラウン-6-エーテル0.1923g、ジクロロメタン10.0mLを入れて、攪拌した。フラスコを氷浴につけて、反応系を0℃にした。30分後、過マンガン酸カリウム0.1517gを加え、アルミホイルで反応容器を包み、21時間攪拌した。反応終了後、亜硫酸水素ナトリウムを溶解させた水を加え、その反応溶液をメタノールに再沈殿させることにより、ポリマーを回収した。ここで得られたポリマーを、クロロホルムを用いて透析を行い、精製した。

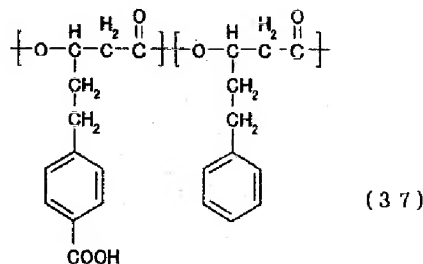
【0208】得られたポリマーの構造決定は、フーリエ変換-赤外吸収(FT-IR)スペクトル(Nicolet AVATAR360 FT-IR)により分析を行った。その結果、1693cm<sup>-1</sup>に新たにカルボン酸

に由来する吸収が見られたことから、得られたPHAは3-ヒドロキシ-ω-(4-カルボキシフェニル)アルカン酸ユニットを有することが判明した。

【0209】また、得られたポリマーとトリメチルシリルジアゾメタンを反応させたものを<sup>1</sup>H-NMR(FT-NMR: Bruker DPX400; <sup>1</sup>H共鳴周波数: 400 MHz; 測定核種: <sup>1</sup>H; 使用溶媒: CDCl<sub>3</sub>; reference: キャピラリー封入TMS/CDCl<sub>3</sub>; 測定温度: 室温)によって行ったところ、下記式(37)：

【0210】

【化77】



【0211】に示すユニットを含有しているポリヒドロキシアルカノエート共重合体であることが確認された。

【0212】また、得られたポリマーとトリメチルシリルジアゾメタンを反応させたものについて、平均分子量をゲル・パーミエーション・クロマトグラフィー(GPC; 東ソーHLC-8220、カラム; 東ソーTSK-GEL Super HM-H、溶媒; クロロホルム、ポリスチレン換算)により評価した。得られたポリマーの重量、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表21に示す。

【0213】

【表21】

| PEG200:1% | 重量 (mg) | Mn    | Mw/Mn |
|-----------|---------|-------|-------|
| 含まない      | 285     | 32000 | 1.9   |
| 含む        | 279     | 10500 | 1.7   |

【0214】Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布

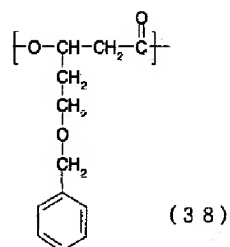
(実施例22) 3-ヒドロキシ-5-[(フェニルメチル)オキシ]吉草酸ユニット含有PHAのPEGによる分子量制御

ポリマー合成基質として5-[(フェニルメチル)オキシ]吉草酸を用いた以外は実施例8と同様の操作を行ってポリマーを得、PEGによる分子量制御評価を行った。

【0215】得られたポリマーの構造決定を、<sup>1</sup>H-NMRによって行ったところ、以下の式(38)に示す3-ヒドロキシ-5-[(メチルスルファニル)フェノキシ]吉草酸ユニットのホモポリマーであることが示された。

【0216】

【化78】



【0217】これらポリマーの分子量は、実施例1と同様にGPCにより測定した。得られた菌体及びポリマーの重量、菌体あたりのポリマー重量比、得られたポリマーの分子量及び分子量分布を表22に示す。

【0218】

【表22】

| PEG200:1% | CDW(mg/L) | PDW(mg/L) | P/C(%) | Mn     | Mw/Mn |
|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-------|
| 含まない      | 1350      | 165       | 12.2   | 125000 | 2.4   |
| 含む        | 1140      | 125       | 11.0   | 52000  | 2.0   |

【0219】CDW：菌体乾燥重量；PDW：ポリマー乾燥重量；P/C：ポリマー乾燥重量／菌体乾燥重量；Mn：数平均分子量；Mw/Mn：分子量分布

【0220】

【発明の効果】本発明の方法により、側鎖にフェニル構

造、チオフェン構造、シクロヘキシル構造を有する残基を含むユニットを分子中に含むポリヒドロキシアルカノエートの分子量制御が可能となり、また、分子量制御されたポリヒドロキシアルカノエートの提供が可能となった。

フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

(参考)

C 1 2 R 1:38)

C 1 2 R 1:40

(C 1 2 P 11/00

C 1 2 R 1:38)

(C 1 2 P 17/00

C 1 2 R 1:40)

(72)発明者 本間 務

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72)発明者 今村 剛士

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72)発明者 須川 悦子

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

Fターム(参考) 4B064 AD32 AD41 AE43 AE61 BH04

BH20 CA02 CC03 CD07 CD08

CD11 CE10 DA01 DA16

(72)発明者 福井 樹

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

4J029 AA02 AB01 AC01 EB01 EC10

ED01 ED03 EE04 EF01 EF02